
Scheid, Wolf-Michael :

Werkstückträger wird automatisch identifiziert : Materialfluss in der Montage

Zuerst erschienen in:

Schweizer Maschinenmarkt : SMM ; techn. Fachzeitschr.- Goldach :
AG für Verl. u. Druckerei, ISSN 0036-7397, Bd. 88 (1988), 24, S.
52-55, insges. 3 S.

Materialfluss in der Montage:

Werkstückträger wird automatisch identifiziert

Komplexe Materialflusssysteme in der Fertigung entstanden zuerst dort, wo an vielen arbeitsteiligen Plätzen hochwertige Produkte in grossen Stückzahlen montiert wurden. Dabei ging die Diskussion vorrangig darum, ob durch taktgebundene oder -ungebundene Systeme die höhere Produktivität des mit Menschen besetzten Montagearbeitsplatzes zu erzielen war. Dabei sollte ein Produktivitätsfortschritt genauso wenig wie heute auf Kosten der produzierten Qualität gehen.

Wolf-Michael Scheid*

Heute werden wieder grosse Investitionen in der Fertigung und besonders in der Montage getätigt. Im Vordergrund steht jedoch nicht mehr die Zielsetzung, das Maximum an menschlicher Produktivität zu erzielen. Vielmehr erzwingen neue, durch den weltweiten Wettbewerb gesetzte Qualitäts- und vor allem Kostenstandards den zunehmend Ersatz von mit Menschen besetzten Arbeitsplätzen durch automatisierte Montageplätze. Die früher übliche Denkweise, dass eine Automatisierung zwangsläufig verbunden ist mit einer Reduzierung der Variantenvielfalt und zugleich Erhöhung der produzierten Stückzahlen, ist nicht länger zu halten. Heutige Systeme sollen hinsichtlich Programm- und Produktumstellungen flexibel sein sowie kürzere Auftragsdurchlaufzeiten ermöglichen und damit verringerte Bestände.

In der Literatur wurden zahlreiche zukunftsweisende Insellösungen solcher moderner flexibler Fertigungssysteme beschrieben. In Mittel- und Grossbetrieben findet man heute in den Montagebereichen Systeme, bei denen eine Reihe von Arbeitsplätzen über ein Fördersystem taktungebunden aus einem zentralen, meistens automatisierten Speicher mit Material ver- und entsorgt wird. Der Grundgedanke, die Ver- und Entsorgung des einzelnen Arbeitsplatzes nicht mit anderen vor- oder nachgeschalteten Arbeitsplätzen

zu koppeln, sondern über den zentralen Speicher zu entkoppeln, ist sicher richtig (Bild 1).

Aber die Tatsache, dass in der Nachbarhalle meistens Hunderte von der Aufgabenstellung her ähnliche Arbeitsplätze nach wie vor per Handwagen oder allenfalls «fortschrittlich» per Gabelstapler ver- und entsorgt werden, zeigt, dass es offenbar Hemmnisse gibt, über solche Demonstrationsprojekte – (positiv als Insellösung zu bezeichnen – hinauszugehen und zu einem Gesamtsystem zu gelangen, das sich auch künftigen Entwicklungen anpassen lässt. Die Bereitschaft zu modernen Gesamtlösungen kann nur gesteigert werden, indem man die Unternehmensleitungen von der Wirtschaftlichkeit und technischen Machbarkeit derartiger Systeme überzeugt.

Stand der Technik

Bei Materialflusssystemen für die Montage sind nicht so sehr die jeweils immer wieder individuell unterschiedlichen Montagevorgänge und damit das Spezielle des Einzelfalls, sondern vielmehr die immer wieder gleichen Anforderungen auch unterschiedlichster zu produzierender Güter an die Struktur eines Materialflusssystems zu betonen. Ganz einfach gesagt: es sind Materialien an Arbeitsplätze zu bringen, die dort manuell oder automatisiert entsprechend dem dem Arbeitsplatz zugeordneten Arbeitsschritt zu Baugruppen oder Produkten zusammengefügt werden. Am Arbeitsplatz selbst ist entsprechend der Fertigungsplanung und der «Zugriffszeit» zum erforderlichen Material ein Materialpuffer so anzulegen, dass die gewünschte Auslastbarkeit der Montagekapazität des

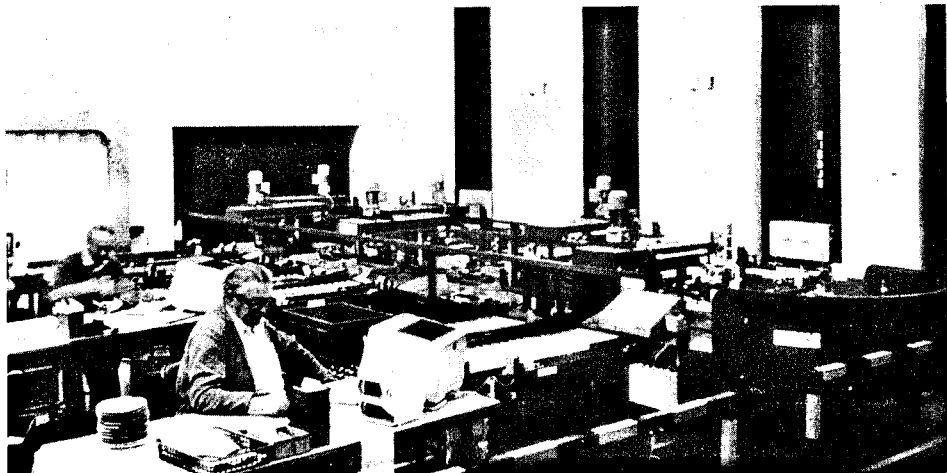


Bild 1 Automatisches Kleinteilelager als zentraler Speicher für eine entkoppelte Versorgung von Montageplätzen

* Dr.-Ing. Wolf-Michael Scheid, stellvertretender Geschäftsführer, verantwortlich für den Bereich Förder- und Lagertechnik, Siemag Transplan GmbH, Netphen/BRD

Arbeitsplatzes – sei sie manuell oder automatisiert – gewährleistet ist.

Schon immer war man bemüht, die Zahl der Transporthilfsmittel für das Material und das erzeugte Produkt möglichst gering zu halten. Eine unnötige Lagerung leerer Transport- beziehungsweise Lagerhilfsmittel lässt sich durch eine weitgehend universelle Verwendung nur weniger Typen solcher Hilfsmittel vermeiden. Für die möglichst gering zu haltende Zahl solcher Lager- und Transporthilfsmittel sind möglichst einheitliche Materialflusssysteme zur Ver- und Entsorgung der Arbeitsplätze und zum Lagern von Material und Fertigungsprodukten zu wählen.

Gemäss den unterschiedlichen Montageaufgaben sind der Flächenbedarf des einzelnen Arbeitsplatzes, die erforderliche Pufferkapazität sowie die Anzahl der Ver- und Entsorgungsvorgänge je Zeiteinheit und Arbeitsplatz höchst unterschiedlich. Je nach Produkt- und Programmumstellung sind ferner Vorkehrungen für die Verwendung von Rest- beziehungsweise Anbruchmengen zu treffen. Der jeweils erreichte Fertigungsstand sollte möglichst bekannt sein. Zur Sicherung der Qualität sind Kontrollvorgänge vorzusehen, abhängig vom Ergebnis solcher Gütekontrollen Ausschuss auszusortieren oder Nacharbeiten zu veranlassen. Durch Leistungsanreize soll ferner nach wie vor die Produktivität der weiterhin vorhandenen manuellen Arbeitsplätze ein Maximum erreichen. In kleinen Demonstrationsprojekten sind alle diese Funktionen räumlich so eng beieinander, dass sie nach wie vor von einem Meister gut zu überschauen sind. Die Systeme sind zwar der Struktur des Materialflusses nach automatisiert, können jedoch dank guter Transparenz im Grunde «manuell» gefahren werden.

Programmierte Entscheidungen über die jeweils aktuell optimale Pufferkapazität am Arbeitsplatz, über vorrangige Behandlung von Materialanforderungen, über die Zuordnung von Nacharbeiten zu diesen verursachenden Arbeitsplätzen oder ähnliches sind nicht erforderlich. Es wäre natürlich auch zu fragen, ob sie überhaupt zurzeit erwünscht sind.

Automatisierter Materialfluss für die Fertigung

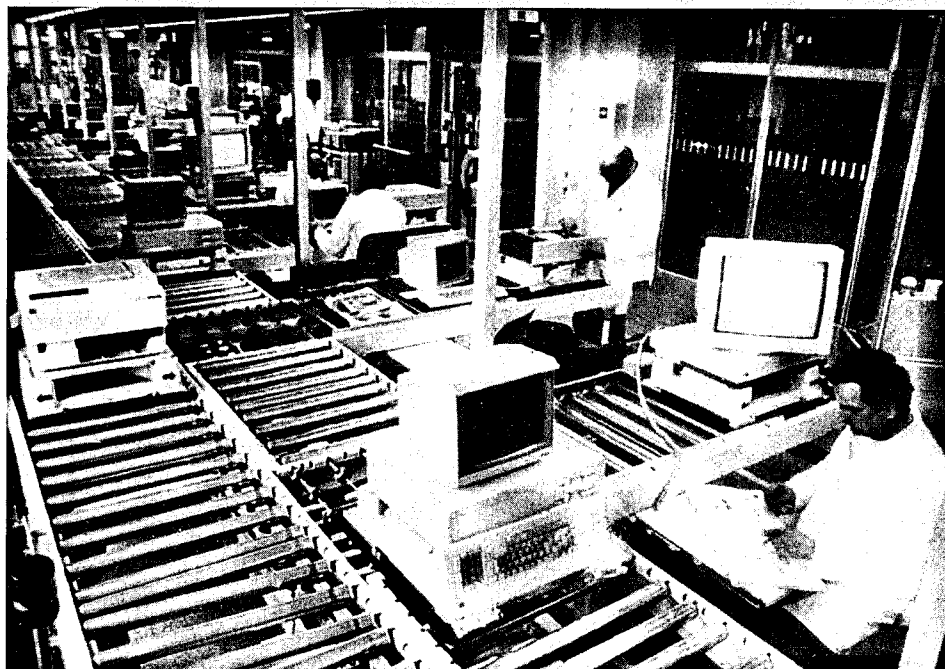
Automatisierter Materialfluss bedeutet zielgesteuerten Materialfluss vom Speicher zum Arbeitsplatz. In der Praxis geschieht dies fast ausschliesslich durch indirekte Materialflussverfolgung oder durch Einstellen einer Zielinformation am Transporthilfsmittel. Diese Zielinformation wird immer wieder neu codiert. Technisch weitgehende Lösungen sind die Ausnahme, nicht die Regel.

Für rechnergesteuerte Kommissioniersysteme gibt es seit Mitte der siebziger Jahre deutlich bessere Lösungen. Die Struktur dieser Systeme ähnelt bei hinreichender Abstraktion letztlich jenen von Mon-

tagefördersystemen, wie die folgenden Beispiele zeigen.

Definierter I-Punkt

Bei diesem Verfahren wird ein Auftragspapier mit Zielen (Bearbeitungsstellen) und Arbeitsanweisungen (Angaben zu Artikel und Stückzahl) einem festcodierten, das



Automatische Arbeitsplatzversorgung bei berücksichtigten Prioritäten wie gewünschte Auslastung und eingehaltenen Rangfolgen des Produktionsplanes. (Bilder: Siemens Transplan GmbH, Netphen BRD/Siemens Transplan GmbH, 5033 Buchs)

heisst jederzeit automatisch identifizierbaren Behälter zugeordnet. Dadurch besteht jederzeit die Möglichkeit, den erreichten Bearbeitungsstand des Auftrags abzufragen, eine bestimmte Reihenfolge der Bearbeitung festzulegen und Prioritäten zu setzen, die automatisch eingehalten werden können. Weitere Merkmale sind:

- Automatische Zeitüberwachung, das heisst Fertigstellung zu vorgegebenen Zeiten (Just-in-time)
- Übergabe entsprechender Anweisungen bei Eintreffen des Behälters an automatisch arbeitende Zielstellen, beispielsweise Kommissionierautomaten und -roboter
- Automatische Kontrollen auf richtige Bearbeitung, zum Beispiel durch Verwiegen in Verbindung mit Gewichtskalibration

Eine Dialogfunktion dient zur Angabe der aktuellen Auslastung einzelner Bearbeitungsstellen mit Normal- und Eilaufträgen. Sie ermöglicht ausserdem die Änderung von Systemparametern und die Abfrage statistischer Daten wie Leistungsangaben, Einheiten im System, Anzahl gestarteter beziehungsweise fertiggestellter Aufträge seit Schichtbeginn. Zum Ausdrucken von Protokollmeldungen, Hardcopies vom Bildschirm und Begleitpapieren für fertiggestellte Aufträge stehen Drucker zur Verfügung. Im folgenden werden diese in über zehn Jahren Erprobung ständig verfein-

ten Methoden auf den Materialfluss in der Montage übertragen.

Der Einfachheit halber wird von einem System ausgegangen, bei dem spezialisierte Werkstückträger taktungengebunden zur Erstellung des Fertigproduktes verwendet werden. Zum Einsatz kommt ein genormter Werkstückträger für unterschiedliche Verwendungen (Bild 2 bis 4), während uni-

versell einsetzbare Lager- beziehungsweise Transportbehälter das jeweils benötigte Material zu den Arbeitsplätzen bringen.

Werkstückträger mit «Lebenslauf»

Wie bislang üblich, werden im Rahmen der Produktionsplanung die Kapazitäten in der Montage verplant und der Bedarf an Vormaterialien für jede Arbeitsstufe ermittelt. Daraus resultiert die Anzahl der je Zeiteinheit fertigzustellenden Werkstücke und damit der zu startenden Werkstückträger. Jeder Werkstückträger stellt für das Materialflusssystem eine individuell automatisch zu identifizierende Transport- oder Lagereinheit dar. Zu diesem Zweck ist der Werkstückträger mit einem Festcode versehen, der automatisch lesbar ist. Natürlich sollte die Identifikationsnummer auch für den Bediener leicht erkennbar sein. Jeder Werkstückträger wird beim Start mit dem Arbeitsplan des für ihn laut Produktionsplanung bestimmten Produktes verknüpft.

Die Arbeitsplätze selbst können grundsätzlich von der Materialflussteuerung her jedem beliebigen Arbeitsschritt eines beliebigen Produktes zugeordnet werden. Dies erfolgt durch Rechnerdialoge an entsprechenden Operatorterminals. Die Lesung des Festcodes am Werkstückträger führt in der Rechnersteuerung automa-

tisch zum Aufruf des entsprechend zugeordneten Arbeitsplanes.

Nach jedem Bearbeitungsvorgang wird der Festcode eines Werkstückträgers von der Rechnersteuerung registriert und der nächste anstehende Arbeitsgang ermittelt. Dann werden wiederum in der Rechnersteuerung die Arbeitsplätze abgefragt, die genau diesen nächsten Arbeitsgang entsprechend der aktuellen Zuordnung der Arbeitsplätze erledigen können. Im nächsten Schritt wird geprüft, welche dieser Arbeitsplätze lokal vom Bedienungspersonal «betriebsbereit» geschaltet sind. Sodann wird unter Strategiegesichtspunkten einer der verbleibenden Arbeitsplätze als Ziel für den Werkstückträger gewählt und der Werkstückträger selbst automatisch über das Materialflusssystem auf dem kürzesten Wege diesem Arbeitsplatz zugeführt und dort automatisch in die Pufferstrecke für Werkstückträger ausgeschleust. Die einfachste anwendbare Strategie für eine solche Zuordnung geht von der Ermittlung des Arbeitsplatzes aus, der die grösste verfügbare freie Pufferkapazität besitzt. Im Extremfall gibt es natürlich für einen Arbeitsschritt nur einen einzigen zugeordneten Arbeitsplatz, so dass strategische Überlegungen entfallen können.

Umgekehrt kann es bei komplexen Verknüpfungen erforderlich sein, die Plätze im Werkstückträgerpuffer zu reservieren, so dass bereits bei der Auswahl des Ziels – noch vor Eintreffen des Werkstückträgers selbst – die für die nächste Auswahlentscheidung des Rechnersystems in Betracht kommende freie Pufferkapazität entsprechend reduziert wird. In verzweigten Systemen können für solche Auswahlbeziehungsweise Vorreservierungsentscheidungen die berechenbaren tatsächlichen Wegzeiten des Werkstückträgers von der Lesung des Festcodes bis zum Zielort mit in Rechnung gezogen werden. Es ist ferner möglich, den einzelnen Produkten Prioritätsstufen zuzuordnen. Werkstückträger mit geringer Prioritätsstufe werden in diesem Falle nur dann einem Arbeitsplatz zugeführt, wenn die Ausnutzung der dort vorhandenen freien Pufferkapazität bestimmte, per Dialog veränderbare Werte unterschritten hat. Dadurch werden in jedem Falle Werkstückträger mit höherer Priorität an einen Arbeitsplatz ausgeschleust. Nicht zuteilbare Werkstückträger – in diesem Falle üblicherweise mit geringerer Priorität – werden zunächst automatisch im Speicher zwischengelagert.

Aufgrund der Festcodierung ist die beschriebene Zuteilstrategie möglich, ja jeder einzelne Werkstückträger beim Einlauf in die Pufferstrecke eines Arbeitsplatzes automatisch identifiziert wird. Nach automatischer Wiederaufgabe in das Materialflusssystem wird er an der nächsten Lese- stelle ebenfalls wieder identifiziert und daraus auf die Erledigung des am letzten angelaufenen Arbeitsplatz geplanten Montageschrittes geschlossen. Ist letzteres – beispielsweise aus Materialmangel – nicht der Fall, so müssen entsprechende Infor-

mationen über Terminals im Rechnerdialog gezielt eingegeben werden.

Es ist demnach möglich, Werkstückträger für unterschiedlichste Produkte mit unterschiedlicher Priorität für die Produkterstellung gezielt automatisch an geeignete Arbeitsplätze so heranzuführen, dass die gewünschte Auslastung der Arbeitsplätze gesichert wird und zugleich Rangfolgen

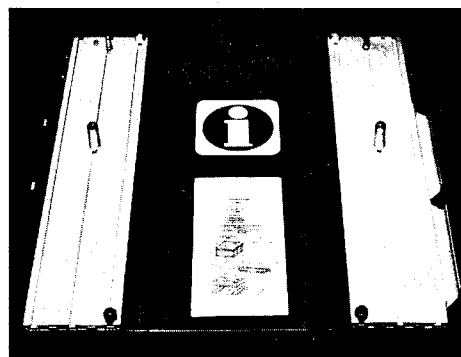


Bild 2 Basisträger für die Aufnahme von Materialbehältern oder Werkstücken

des Produktionsplanes eingehalten werden. Aufgrund der Festcodierung der Werkstückträger lässt sich jederzeit aktuell die Auslastung jedes einzelnen Arbeitsplatzes – gemessen durch die Belegung der Pufferstrecken – mit Normal- und Eilaufträgen anzeigen. Es wäre sogar möglich, hier auf dem Bildschirm aktuell die jeweils in Arbeit befindlichen Produkte anzuzeigen. Ferner kann die Leistung jedes einzelnen Arbeitsplatzes aufgeteilt nach bearbeiteten Produkten erfasst und auf Abfrage ausgedruckt werden. Darüber lässt sich an den einzelnen Prüfstellen genau feststellen, welcher Arbeitsplatz zu negativen Prüfergebnissen, das heisst Ausschuss oder Nacharbeit, geführt hat. Es wäre möglich, diesem Arbeitsplatz darauf hin gezielt einen «Malus» zuzuordnen und dies in der Leistungsermittlung mit anzuzeigen.

Summarisch über alle Arbeitsplätze und alle Produkte kann der Fertigstellungsgrad tagesaktuell ermittelt werden. Dies erleichtert ein Umdisponieren bei Fehlmengen an Vormaterialien. Unter dem Gesichtspunkt des «Just-in-time» wird die möglichst genaue Materialdisposition zunehmend wichtiger. Kommt es hier zu unvorhergesehenen Verzögerungen bei der Anlieferung, das heisst zu Fehlmengen gemessen am Produktionsplan, müssen Instrumente zur kurzfristigen materialgerechten Änderung des Produktionsplanes zur Verfügung stehen. Damit kommen wir zur Ver- und Entsorgung des einzelnen Arbeitsplatzes mit Vormaterial.

Aufgrund der jeweils eingelaufenen Werkstückträger ist der rechnerische Verbrauch an Material genau bekannt. In der Praxis kommt es natürlich auch hier zu Mengenabweichungen. Diese dürften sich jedoch in den üblichen statistisch ermittelten Grenzen halten, so dass der künftige Materialbedarf bekannt ist und entsprechend von der Rechnersteuerung geplant wer-

den kann. Unter dem Gesichtspunkt der Zugriffszeiten zum jeweiligen automatischen Speicher, der Transportzeit von dort zum Arbeitsplatz und dessen Pufferkapazität für diese Transport- und Lagerhilfsmittel sind entsprechende Nachschubstrategien vorzusehen. Bei Änderungen des Produktionsplanes sind zusätzlich zu leer gewordenen Lagerbeziehungsweise

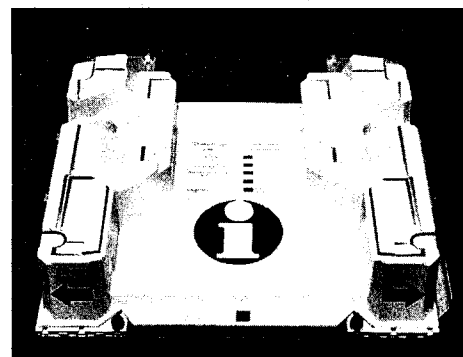


Bild 3 Werkstückträger mit Aufsatz zur Positionierung unterschiedlicher Werkstücke

Transporthilfsmitteln entsprechende Restmengen auf die Entsorgungsstrecke aufzugeben. Diese sollten zweckmässigerweise zur Sicherheit über einen speziellen I-Punkt mit Angabe der Artikelbezeichnung und der Stückzahl neu eingegeben werden.

Neben der genauen Kontrolle des erreichten Produktionsstandes werden so zwangsläufig die Vormaterialbestände am Arbeitsplatz minimiert. Die «grauen Bestände», die weder als Bestand des Materiallagers noch als Teil des bereits erzeugten Produktes verbucht waren, verschwinden. Hier sind in vielen Betrieben heute noch Millionenbeträge an Kapital durch gehortete Bestände gebunden. Das Horten hatte so lange seine Berechtigung, als nicht sichergestellt werden konnte, dass das richtige Material in richtiger Menge zum richtigen Zeitpunkt am Arbeitsplatz verfügbar war. Mit einer vernünftigen rechnergestützten Konzeption eines Materialflusssystems lässt sich dies heute gewährleisten.

Ausblick

Die vorstehend beschriebenen Strukturen – das schliesst ausdrücklich auch die Grundelemente der Rechnersteuerung ein – entsprechen jenen von Kommissioniersystemen wie sie den heutigen Stand der Technik repräsentieren. Dabei sind Systemleistungen von 1200 Einheiten/h und rund 50 Leseinheiten sind durchaus üblich. Auch die Integration automatisch arbeitender Bereiche in solche Systeme wurde bereits realisiert. Selbstverständlich ist eine komplexe Hierarchie von Komponenten der Steuerungstechnik von der frei programmierbaren Steuerung (SPS) über Mikroprozessorsysteme, Prozessrechner bis zum Grossrechner der Unternehmung für Einzelfälle erforderlich. Auch solche Steuerungshierarchien wurden jedoch bereits realisiert. SMM